PROCESS AND APPARATUS FOR SUBSTRATE TREATMENT

Publication number: JP2003183839

Publication date:

2003-07-03

Inventor:

OMI TADAHIRO; SUGAWA SHIGETOSHI; HIRAYAMA MASAKI

Applicant:

OMI TADAHIRO; TOKYO ELECTRON LTD

Classification:

- international:

C23C16/56; C23C8/36; C23C16/02; C23C16/511; H01J37/32; H01L21/31; H01L21/318; H01L21/314; C23C16/56; C23C8/06; C23C16/02; C23C16/50; H01J37/32; H01L21/02; (IPC1-7): C23C16/511; C23C16/56; C23C8/36; C23C16/02; H01L21/31

- european:

C23C8/36; H01J37/32H5; H01L21/318

Application number: JP20010380535 20011213 Priority number(s): JP20010380535 20011213

Also published as:

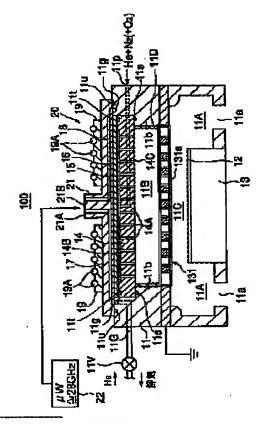
WO03054949 (A1) US2005042869 (A1) AU2002354143 (A1)

Report a data error here

Abstract of JP2003183839

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a process and an apparatus for plasma substrate treatment which enable substrate treatment using atomic nitrogen N*. SOLUTION: In a treatment vessel, a plasma excitation region and a process region are formed by a control electrode. Using He as a plasma excitation gas in the plasma region, N<SB>2</SB>gas is excited in He plasma to form atomic nitrogen N*. The atomic nitrogen N* is allowed to diffuse through the control electrode into the process region to perform substrate treatment.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号 特開2003-183839 (P2003-183839A)

(43)公開日 平成15年7月3日(2003.7.3)

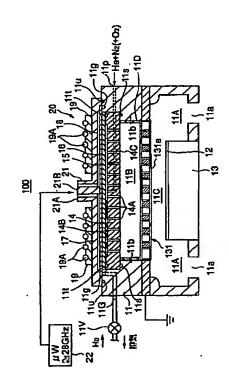
				
(51) Int.Cl. ⁷	設別記号	ΡΙ	テーマコード(参考)	
C 2 3 C 16/56		C 2 3 C 16/56	4K028	
8/36		8/36	4 K 0 3 0	
16/02		16/02	5 F 0 4 5	
H01L 21/31		H01L 21/31	С	
// C23C 16/511		C 2 3 C 16/511		
		審査請求 未請求 請求項	の数18 OL (全 11 頁)	
(21)出願番号	特願2001-380535(P2001-380535)	(71)出顧人 000205041	出顧人 000205041	
		大見 忠弘		
(22) 出願日	平成13年12月13日(2001.12.13)	宮城県仙台市青	葉区米ケ袋2-1-17-	
		301		
		(71)出願人 000219967		
		東京エレクトロ	ン株式会社	
		東京都港区赤坂	五丁目3番6号	
		(72)発明者 大見 忠弘		
		宮城県仙台市青	葉区米ヶ袋2-1-17-	
		301		
		(74)代理人 100070150		
		弁理士 伊東	忠彦	
			・最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 基板処理方法および基板処理装置

(57)【要約】

【課題】 原子状窒素 N*を使った基板処理が可能なプラズマ基板処理方法および装置を提供する。

【解決手段】 処理容器中に制御電極によりプラズマ励起空間とプロセス空間とを画成し、プラズマ空間においてHeをプラズマ励起ガスとして使い、Heプラズマ中においてN2ガスを励起して原子状窒素N*を形成する。かかる原子状窒素N*を制御電極を通ってプロセス空間に拡散させ、基板処理を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 処理容器中において、被処理基板を含む プロセス空間と、前記被処理基板が含まれないプラズマ 形成空間とが制御電極により隔てられている構成の基板 処理装置による基板処理方法であって、

前記処理容器中にHeとN2を含むガスを供給する工程 と

前記プラズマ形成空間にプラズマを、前記プラズマ中に 原子状窒素N*が励起されるような条件で形成する工程 と

前記原子状窒素 N*により被処理基板表面を窒化する工程とを特徴とする請求項 1 記載の基板処理装置。

【請求項2】 前記プラズマを励起する工程は、23~25 e Vの中間励起状態エネルギが実現されるように実行されることを特徴とする請求項1または2記載の基板処理方法。

【請求項3】 前記プラズマを形成する工程は、前記プラズマ形成空間にマイクロ波を供給する工程を含むことを特徴とする請求項1または2記載の基板処理方法。

【請求項4】 前記マイクロ波を供給する工程は、ラジアルラインスロットアンテナを駆動することにより実行されることを特徴とする請求項1~3のうち、いずれか一項記載の基板処理方法。

【請求項5】 前記プラズマを形成する工程は、前記プラズマ形成空間に誘導磁界を形成する工程を含むことを特徴とする請求項1または2記載の基板処理方法。

【請求項6】 前記誘導磁界を形成する工程は、前記処理容器周囲に巻回された誘導コイルを高周波電力により駆動する工程を含むことを特徴とする請求項5記載の基板処理装置。

【請求項7】 前記プラズマを励起する工程では、前記制御電極は接地されることを特徴とする請求項1~6のうち、いずれか一項記載の基板処理装置。

【請求項8】 前記プラズマを形成する工程では、前記制御電極に負電位が印加されることを特徴とする請求項1~6のうち、いずれか一項記載の基板処理装置。

【請求項9】 前記処理容器中に供給されるガスは、さらにO2を含むことを特徴とする請求項1~8のうち、いずれか一項記載の基板処理装置。

【請求項10】 外壁により画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、

前記処理容器に結合された排気系と、

前記処理容器中にプラズマ励起ガスおよび処理ガスを供給するプラズマガス供給部と、

前記処理容器上に、前記被処理基板に対面して設けられ たマイクロ窓と、

前記保持台上の被処理基板と前記プラズマガス供給部と の間に、前記被処理基板に対面するように設けられ、前 記マイクロ波窓を含むプラズマ励起空間と前記被処理基 板を含むプロセス空間とを隔てる制御電極とよりなり、 前記制御電極は、前記処理容器内に形成されたプラズマを通過させる複数の開口部を有する導体部材よりなり、 前記制御電極表面が、酸化アルミニウムないしは導電性 窒化物により覆われていることを特徴とする基板処理装 電。

【請求項11】 前記制御電極は格子形状を有し、接地されていることを特徴とする請求項10記載の基板処理装置。

【請求項12】 前記制御電極は格子形状を有し、前記 基板処理装置は前記制御電極に接続された負電圧源を含むことを特徴とする請求項10記載の基板処理装置。

【請求項13】 前記プラズマ励起空間において、前記処理容器の内壁は絶縁層により覆われていることを特徴とする請求項10~12のうち、いずれか一項記載の基板処理装置。

【請求項14】 さらに前記処理容器の外側に、前記マイクロ波窓に結合したマイクロ波アンテナを有することを特徴とする請求項10~13のうち、いずれか一項記載の基板処理装置。

【請求項15】 石英ガラス壁により画成され、被処理 基板を保持する保持台を備えた処理容器と、

前記処理容器に結合された排気系と、

前記処理容器中にプラズマ励起ガスおよび処理ガスを供 給するプラズマガス供給部と、

前記保持台上の被処理基板に対面するように設けられ、 前記処理容器内部を、前記被処理基板を含むプロセス空 間とプラズマ励起空間とに分割する制御電極と、

前記石英ガラス壁外側に、前記プラズマ励起空間に対応 して設けられた誘導コイルとよりなり、

前記制御電極は、前記処理容器内に形成されたプラズマを通過させる複数の開口部を有する導体部材よりなり、前記制御電極表面が、酸化アルミニウムないしは導電性 窒化物により覆われていることを特徴とする基板処理装

【請求項16】 前記前記石英ガラス壁はドーム上空間を画成することを特徴とする請求項15記載の基板処理装置。

【請求項17】 前記制御電極は接地されていることを 特徴とする請求項15または16記載の基板処理装置。

【請求項18】 前記制御電極は負電圧源に接続されていることを特徴とする請求項15または16記載の基板処理装置。

【発明の詳細な説明】

[0001]

【発明の属する技術分野】本発明は一般にプラズマ処理 装置に係り、特にマイクロ波プラズマ処理装置に関す る。

【0002】プラズマ処理工程およびプラズマ処理装置は、近年のいわゆるディープサブミクロン素子あるいはディープサブクォーターミクロン素子と呼ばれる0.1

μmに近い、あるいはそれ以下のゲート長を有する超微 細化半導体装置の製造や、液晶表示装置を含む高解像度 平面表示装置の製造にとって、不可欠の技術である。

【0003】半導体装置や液晶表示装置の製造に使われ るプラズマ処理装置としては、従来より様々なプラズマ の励起方式が使われているが、特に平行平板型高周波励 起プラズマ処理装置あるいは誘導結合型プラズマ処理装 置が一般的である。しかしこれら従来のプラズマ処理装 置は、プラズマ形成が不均一であり、電子密度の高い領 域が限定されているため大きな処理速度すなわちスルー プットで被処理基板全面にわたり均一なプロセスを行う のが困難である問題点を有している。この問題は、特に 大径の基板を処理する場合に深刻になる。しかもこれら 従来のプラズマ処理装置では、電子温度が高いため被処 理基板上に形成される半導体素子にダメージが生じ、ま た処理室壁のスパッタリングによる金属汚染が大きいな ど、いくつかの本質的な問題を有している。このため、 従来のプラズマ処理装置では、半導体装置や平面表示装 置のさらなる微細化およびさらなる生産性の向上に対す る厳しい要求を満たすことが困難になりつつある。

【0004】一方、従来より直流磁場を用いずにマイク 口波電界により励起された高密度プラズマを使うマイク 口波プラズマ処理装置が提案されている。例えば、均一 なマイクロ波を発生するように配列された多数のスロッ トを有する平面状のアンテナ(ラジアルラインスロット アンテナ)から処理容器内にマイクロ波を放射し、この マイクロ波電界により真空容器内のガスを電離してプラ ズマを励起させる構成のプラズマ処理装置が提案されて いる。例えば特開平9-63793公報を参照。このよ うな手法で励起されたマイクロ波プラズマではアンテナ 直下の広い領域にわたって高いプラズマ密度を実現で き、短時間で均一なプラズマ処理を行うことが可能であ る。しかもかかる手法で形成されたマイクロ波プラズマ ではマイクロ波によりプラズマを励起するため電子温度 が低く、被処理基板のダメージや金属汚染を回避するこ とができる。さらに大面積基板上にも均一なプラズマを 容易に励起できるため、大口径半導体基板を使った半導 体装置の製造工程や大型平面表示装置の製造にも容易に 対応できる。

[0005]

【従来の技術】図1は、従来の誘導結合型プラズマ処理 装置1の概略的構成を示す。

【0006】図1を参照するに、プラズマ処理装置1は排気ライン2Aにより排気される石英ドームよりなる処理容器2を備え、前記処理容器2により画成されるプロセス空間2B中には、回動機構3Aにより回動される基板保持台3上に被処理基板4が保持されている。さらに前記プロセス空間2Bには、処理ガス供給ライン2Gにより、Arなどの不活性プラズマ励起ガスと酸素あるいは窒素などの処理ガスとが供給される。また前記処理容器

2の外側上部にはコイル5が巻回されており、前記コイル5を直流電源により駆動することにより、前記プロセス空間2日の上部に高密度プラズマ2Dが励起される。 【0007】図1のプラズマ処理装置1では、かかる高密度プラズマ2Dに伴って形成される処理ガスのラジカルが被処理基板4の表面に到達し、酸化や窒化などの基板処理が行われる。

【0008】しかし、このような従来の誘導結合型プラズマ処理装置1では、高密度プラズマ2Dが形成される領域が処理容器2の上部に局在しており、従ってプラズマに伴って形成されるラジカルの濃度分布は著しく不均っなものとなる。特に基板の径方向へのラジカル濃度の不均一は、基板保持台3を回動機構3Aにより回動させても解消しない。

【0009】このため従来の誘導結合型プラズマ処理装置1では、前記被処理基板4表面において可能な限り一様なラジカル濃度分布を実現するために、被処理基板4と高密度プラズマ2Dの形成領域との間の距離を離していたが、その結果、基板処理装置1全体の大きさが大きくなってしまったり、被処理気体4に到達するラジカル量が少なくなったりする問題が生じていた。この問題は、特に最近の技術の流れに沿って大口径基板を処理しようとした場合に深刻になる。

【0010】一方、従来より誘導磁場を用いずにマイク 口波電界により励起された高密度プラズマを使うマイク 口波プラズマ処理装置が提案されている。例えば、均一 なマイクロ波を発生するように配列された多数のスロッ トを有する平面状のアンテナ(ラジアルラインスロット アンテナ)から処理容器内にマイクロ波を放射し、この マイクロ波電界により真空容器内のガスを電離してプラ ズマを励起させる構成のプラズマ処理装置が提案されて いる。例えば特開平9-63793公報を参照。このよ うな手法で励起されたマイクロ波プラズマではアンテナ 直下の広い領域にわたって高いプラズマ密度を実現で き、短時間で均一なプラズマ処理を行うことが可能であ る。しかもかかる手法で形成されたマイクロ波プラズマ ではマイクロ波によりプラズマを励起するため電子温度 が低く、被処理基板のダメージや金属汚染を回避するこ とができる。さらに大面積基板上にも均一なプラズマを 容易に励起できるため、大口径半導体基板を使った半導 体装置の製造工程や大型平面表示装置の製造にも容易に 対応できる。

【 O O 1 1 】 図 2 は、本発明の発明者が先に提案した、 かかるラジアルラインスロットアンテナを使ったマイク ロ波プラズマ処理装置 1 O の構成を示す。

【0012】図2を参照するに、マイクロ波プラズマ処理装置10は複数の排気ポート11aから排気される処理室11を有し、前記処理室11中には被処理基板12を保持する保持台13が形成されている。前記処理室11の均一な排気を実現するため、前記保持台13の周囲

にはリング状に空間11Aが形成されており、前記複数の排気ポート11aを前記空間11Aに連通するように等間隔で、すなわち被処理基板に対して軸対称に形成することにより、前記処理室11を前記空間11Aおよび排気ポート11aを介して均一に排気することができる。

【〇〇13】前記処理室11上には、前記保持台13上の被処理基板12に対面する位置に、前記処理室11の外壁の一部として、A12O3やSiO2などの低損失誘電体よりなり多数の開口部14Aを形成された板状のシャワープレート14が図示しないシールリングを介して形成されており、さらに前記シャワープレート14の外側に同じくA12O3はSiO2など低損失誘電体よりなるカバープレート15が、図示しない別のシールリングを介して設けられている。

【0014】前記シャワープレート14にはその上面にガス通路14日が形成されており、前記複数の開口部14Aの各々は前記ガス通路14日に連通するように形成されている。さらに、前記シャワープレート14の内部には、前記処理容器11の外壁に設けられたガス供給ポート11pに連通するガス供給通路14Cが形成されており、前記ガス供給ポート11pに供給されたArやKr等のプラズマ励起ガスは、前記供給通路14Cから前記通路14日を介して前記開口部14Aに供給され、前記開口部14Aから前記処理容器11内部の前記シャワープレート14直下のプロセス空間11日に、実質的に一様な濃度で放出される。

【0015】前記処理容器11上には、さらに前記カバープレート15の外側に、前記カバープレート15から4~5mm離間してラジアルラインスロットアンテナ20が設けられている。前記ラジアルラインスロットアンテナ20は外部のマイクロ波源(図示せず)に同軸導波管21を介して接続されており、前記マイクロ波源からのマイクロ波により、前記プロセス空間11Bに放出されたプラズマ励起ガスを励起する。前記カバープレート15とラジアルラインスロットアンテナ20の放射面との間は密着されており、さらにアンテナの冷却のため、前記アンテナ20上に冷却水通路19Aを有する冷却ブロック19が設けられている。

【0016】前記ラジアルラインスロットアンテナ20は、前記同軸導波管21の外側導波管21Aに接続された平坦なディスク状のアンテナ本体17と、前記アンテナ本体17の開口部に形成された、多数のスロットを形成された放射板16とよりなり、前記アンテナ本体17と前記放射板16との間には、厚さが一定の誘電体板よりなる遅相板18が挿入されている。

【0017】かかる構成のラジアルラインスロットアンテナ20では、前記同軸導波管21から給電されたマイクロ波は、前記ディスク状のアンテナ本体17と放射板16との間を、半径方向に広がりながら進行するが、そ

の際に前記遅相板 1 8 の作用により波長が圧縮される。 そこで、このようにして半径方向に進行するマイクロ波 の波長に対応して前記スロットを同心円状に、かつ相互 に直交するように形成しておくことにより、円偏波を有 する平面波を前記放射板 1 6 に実質的に垂直な方向に放 射することができる。

【0018】かかるラジアルラインスロットアンテナ20を使うことにより、前記シャワープレート14直下のプロセス空間11日に均一な高密度プラズマが形成される。このようにして形成された高密度プラズマは電子温度が低く、そのため被処理基板12にダメージが生じることがなく、また処理容器11の器壁のスパッタリングに起因する金属汚染が生じることもない。

【0019】そこで、図2の基板処理装置10において前記ガス導入ポート11pにArやKrなどのプラズマ励起ガスの他にO2ガスやNH3ガス、あるいはN2ガスとH2ガスとの混合ガスを処理ガスとして供給することにより、前記プロセス空間11B中に前記高密度プラズマにより原子状酸素O*あるいは窒化水素ラジカルNH*などの活性種が励起され、かかる活性種を使うことにより、被処理基板12表面を酸化処理、窒化処理あるいは酸窒化処理することが可能になる。

【0020】また図3に示すように、図2の基板処理装置10において、前記シャワープレート14の下部に、処理容器1表面に形成された処理ガス導入ポート11rに連通する処理ガス通路31Aと、前記処理ガス通路31Aに連通する多数の処理ガス導入ノズル開口部31Bとを備え、また前記空間11Bにおいて形成された処理ガスラジカルを通過させる大きな開口部を有する別の下段シャワープレート31を設けた構成の基板処理装置10Aが提案されている。

【0021】図3の基板処理装置10Aでは、前記下段シャワープレート31の下部に別のプロセス空間11Cが画成され、特に下段シャワープレート31を、その表面が酸化アルミニウム(Al2O3)で不動態処理されたステンレススチールなどの導電体により構成することにより、マイクロ波がプロセス空間11C中に侵入するのを阻止することが可能になる。そこでプラズマの励起は上段シャワープレート14直下の空間11Bに限定され、前記空間11Bにおいて励起されたKrやArのラジカルK*あるいはAr*が前記プロセス空間11Cに、前記シャワープレート31中の大きな開口部を通過して侵入し、前記ノズル開口部31Bから放出される処理ガスを活性化する。被処理基板12の処理は、このようにして活性化された処理ガスラジカルによりなされる。

【0022】図3の基板処理装置10Aでは、前記下段シャワープレート31を導電体により構成することにより、マイクロ波が前記プロセス空間11Cから排除され、被処理基板のマイクロ波による損傷が回避される。

【0023】図3の基板処理装置10Aでは、前記下段

シャワープレート31よりCVD原料ガスを導入することにより、プラズマCVD工程を行うことが可能である。また、前記下段シャワープレート31よりドライエッチングガスを導入し、前記保持台13に高周波バイアスを印加することにより、ドライエッチング工程を行うことも可能である。

[0024]

【発明が解決しようとする課題】このように、図2あるいは図3の基板処理装置では、酸化処理を行う場合には Krガスと酸素ガスをプロセス空間11Bに導入することにより、10e V程度のエネルギの中間励起状態の Krラジカル (Kr*)を励起する。励起された Krラジカルは、反応

O2-O++O*

に従って原子状酸素O*を効率良く励起し、励起された原子状酸素O*が被処理基板12の表面を酸化する。

【0025】これに対し、被処理基板12の窒化処理を行う場合には、Krガスとアンモニアガス、あるいはKrガスと窒素ガスと水素ガスとを導入する。この場合には、励起されたKrラジカル(Kr*)あるいはArラジカル(Ar*)により、反応

N H3→N H*+ 2 H*+ e⁻

あるいは

反応N2+H2→NH*+NH*

に従って窒化水素ラジカルNH*が励起され、かかる窒化水素ラジカルNH*を使って被処理基板12の窒化処理がなされる。

【0026】一方、被処理基板の窒化処理の際に窒化反応力が強くかつ水素を含まない原子状窒素(N*)を使ったほうが望ましい場合がある。原子状窒素N*は、反応

N2→N*+N*

により形成されるが、その際には23~25eVものエネルギが必要であると考えられる。KrやArプラズマの場合、得られるKrラジカルあるいはArラジカルのエネルギは、先にも述べたようにせいぜい10eV程度なので、上記反応に従って原子状窒素N*を励起することはできない。

【0027】仮に図2あるいは図3の基板処理装置において、KrガスあるいはArガスと共に窒素ガスを供給しても、反応

$N_2 \rightarrow N_2^+ + e^-$

が得られるだけであり、所望の原子状窒素N*は励起されない。

【0028】図4は、Krプラズマの状態密度と原子状 窒素N*、窒化水素ラジカルNH*および窒素イオンN2⁺ の励起エネルギとの関係を示す。

【0029】図4を参照するに、Krプラズマの状態密度は低エネルギにおいて大きく、エネルギが増大すると共に急速に減少するのがわかる。このようなプラズマで

は、所望の窒素ラジカルを効率良く励起することはできない。

【0030】そこで、本発明は上記の課題を解決した、 新規で有用な基板処理装置を提供することを概括的課題 とする。

【0031】本発明のより具体的な課題は、窒素ラジカルN*を効率良く発生できる基板処理装置を提供することにある。

[0032]

【課題を解決するための手段】本発明は上記の課題を、 請求項1に記載したように、処理容器中において、被処 理基板を含むプロセス空間と、前記被処理基板が含まれ ないプラズマ形成空間とが制御電極により隔てられてい る構成の基板処理装置による基板処理方法であって、前 記処理容器中にHeとN2を含むガスを供給する工程 と、前記プラズマ形成空間にプラズマを、前記プラズマ 中に原子状窒素N*が励起されるような条件で形成する 工程と、前記原子状窒素N*により被処理基板表面を窒 化する工程とを特徴とする請求項1記載の基板処理装置 により、または請求項2に記載したように、前記プラズ マを励起する工程は、23~25eVの中間励起状態エ ネルギが実現されるように実行されることを特徴とする 請求項1または2記載の基板処理方法により、または請 求項3に記載したように、前記プラズマを形成する工程 は、前記プラズマ形成空間にマイクロ波を供給する工程 を含むことを特徴とする請求項1または2記載の基板処 理方法により、または請求項4に記載したように、前記 マイクロ波を供給する工程は、ラジアルラインスロット アンテナを駆動することにより実行されることを特徴と する請求項1~3のうち、いずれか一項記載の基板処理 方法により、または請求項5に記載したように、前記プ ラズマを形成する工程は、前記プラズマ形成空間に誘導 磁界を形成する工程を含むことを特徴とする請求項1ま たは2記載の基板処理方法により、または請求項6に記 載したように、前記誘導磁界を形成する工程は、前記処 理容器周囲に巻回された誘導コイルを髙周波電力により 駆動する工程を含むことを特徴とする請求項5記載の基 板処理装置により、または請求項フに記載したように、 前記プラズマを励起する工程では、前記制御電極は接地 されることを特徴とする請求項1~6のうち、いずれか 一項記載の基板処理装置により、または請求項8に記載 したように、前記プラズマを形成する工程では、前記制 御電極に負電位が印加されることを特徴とする請求項1 ~6のうち、いずれか一項記載の基板処理装置により、 または請求項9に記載したように、前記処理容器中に供 給されるガスは、さらにO2を含むことを特徴とする請 求項1~8のうち、いずれか一項記載の基板処理装置に より、または請求項10に記載したように、外壁により 画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容 器と、前記処理容器に結合された排気系と、前記処理容

器中にプラズマ励起ガスおよび処理ガスを供給するプラ ズマガス供給部と、前記処理容器上に、前記被処理基板 に対面して設けられたマイクロ窓と、前記保持台上の被 処理基板と前記プラズマガス供給部との間に、前記被処 理基板に対面するように設けられ、前記マイクロ波窓を 含むプラズマ励起空間と前記被処理基板を含むプロセス 空間とを隔てる制御電極とよりなり、前記制御電極は、 前記処理容器内に形成されたプラズマを通過させる複数 の開口部を有する導体部材よりなり、前記制御電極表面 が、酸化アルミニウムないしは導電性窒化物により覆わ れていることを特徴とする基板処理装置により、または 請求項11に記載したように、前記制御電極は格子形状 を有し、接地されていることを特徴とする請求項10記 載の基板処理装置により、または請求項12に記載した ように、前記制御電極は格子形状を有し、前記基板処理 装置は前記制御電極に接続された負電圧源を含むことを 特徴とする請求項10記載の基板処理装置により、また は請求項13に記載したように、前記プラズマ励起空間 において、前記処理容器の内壁は絶遠層により覆われて いることを特徴とする請求項10~12のうち、いずれ か一項記載の基板処理装置により、または請求項14に 記載したように、さらに前記処理容器の外側に、前記マ イクロ波窓に結合したマイクロ波アンテナを有すること を特徴とする請求項10~13のうち、いずれか一項記 載の基板処理装置により、または請求項15に記載した ように、石英ガラス壁により画成され、被処理基板を保 持する保持台を備えた処理容器と、前記処理容器に結合 された排気系と、前記処理容器中にプラズマ励起ガスお よび処理ガスを供給するプラズマガス供給部と、前記保 持台上の被処理基板に対面するように設けられ、前記処 理容器内部を、前記被処理基板を含むプロセス空間とプ ラズマ励起空間とに分割する制御電極と、前記石英ガラ ス壁外側に、前記プラズマ励起空間に対応して設けられ た誘導コイルとよりなり、前記制御電極は、前記処理容 器内に形成されたプラズマを通過させる複数の開口部を 有する導体部材よりなり、前記制御電極表面が、酸化ア ルミニウムないしは導電性窒化物により覆われているこ とを特徴とする基板処理装置により、または請求項16 に記載したように、前記前記石英ガラス壁はドーム上空 間を画成することを特徴とする請求項15記載の基板処 理装置により、または請求項17に記載したように、前 記制御電極は接地されていることを特徴とする請求項1 5または16記載の基板処理装置により、または請求項 18に記載したように、前記制御電極は負電圧源に接続 されていることを特徴とする請求項15または16記載 の基板処理装置により、解決する。

[0033]

【発明の実施の形態】 [第1実施例] 図5は、本発明の 第1実施例による基板処理装置100の構成を示す。た だし図5中、先に説明した部分に対応する部分には同一 の参照符号を付し、説明を省略する。

【0034】図5を参照するに、シャワーブレート14は処理容器11にシール11sを介して装着されており、また前記カバープレート15は前記シャワープレート14上にシール11tを介して装着されている。また前記ラジアルラインスロットアンテナ20は前記処理容器11上に、シール11uを介して装着されている。

【0035】さらに図5の基板処理装置100では前記放射板16とカバープレート15との間の界面が、前記処理容器11の上部の、前記放射板と係合する領域に形成された環状溝11gおよびこれに連通する排気ポート11Gを介して排気され、さらに前記界面には、その後0.8気圧程度のHeガスが、伝熱媒体として導入されている。導入されたHeガスは、バルブ11Vを閉鎖することで前記界面に封入される。

【0036】図5の基板処理装置100では、図3の基板処理装置10Aで使われていた下部シャワープレート31が撤去され、代わりに図6に示す格子状の導電性部材よりなる制御電極131が、前記プラズマ励起空間11Bとプロセス空間11Cとを隔てるように形成される。

【0037】図6を参照するに、前記格子状制御電極131にはプラズマ励起空間11Bにおいて励起されたラジカルが自由に通過できるサイズの開口部132が多数形成されており、従って、前記プラズマ励起空間11Bにおいて励起されたプラズマは、前記制御電極131を通ってプロセス空間11Cへと自由に拡散する。

【0038】図5の構成では前記格子状制御電極131は接地されており、その結果、前記ラジアルラインスロットアンテナ20から前記プラズマ励起空間11日に導入されたマイクロ波は、前記プラズマ励起空間11日にプラズマが形成されていない状態においても前記格子状制御電極131により反射され、プロセス空間11C中に侵入することはない。従って、被処理基板12がマイクロ波により損傷する問題は、図5の基板処理装置100では生じない。

【0039】前記格子状制御電極131はWやTi等により形成することができるが、表面に導電性窒化物、例えばWNやTiNの層131aを形成しておくことにより、プラズマ照射に対する耐性を向上させることが可能である。またかかる格子状制御電極131を石英ガラスにより形成し、表面に導電性窒化物層131aを形成してもよい。さらに、基板処理装置100では、プラズマ励起空間11Bにおいて処理容器11の側壁面を石英ライナ11Dにより覆っている。

【0040】図5の基板処理装置100では、前記処理ガス導入ポート11pにHeガスとN2ガスとが導入され、前記ラジアルラインスロットアンテナには、約28GHzのマイクロ波が供給される。典型的には処理容器11内のプロセス圧を66.5~266Pa(0.5~

2 T o r r) の範囲に設定し、200~500℃の温度 範囲において被処理基板 1 2 の窒化処理あるいは酸窒化 処理が実行される。

【0041】図7は、図5の基板処理装置100において、プラズマガスとしてHeを使った場合の、励起されるプラズマの状態密度を示す。

【〇〇42】図7を参照するに、衝突断面積の小さいHeをプラズマガスとして使うことにより、励起されたHeラジカルHe*はマイクロ波電界により大きく加速される。その結果、プラズマエネルギが大きく増大し、原子状窒素 N*を励起するに十分なエネルギが得られることがわかる。一方、Krをプラズマガスとして使っていた場合に効率良く励起されていた窒化水素ラジカルNH*や窒素イオンN2⁺の励起効率は大きく低減することがわかる。

【0043】そこで、本発明では基板処理装置100において、プラズマガスとしてHeを使うことにより、23~25eVの高いプラズマエネルギにおいて原子状窒素N*の効率的な励起を実現する。一方、プラズマ中の電子温度が高くなりすぎるのを抑制するため、本発明では先に提案されているマイクロ波よりも高い、約28GHzあるいはそれ以上の周波数のマイクロ波発生流22を使い、マイクロ波発生源22により発生されたマイクロ波発生現の周波数としては、約2.4GHz、8.3GHzなどの周波数を選択してもよい。さらにプラズマ励起空間11Bとプロセス空間11Cとを制御電極131により分離することにより、プロセス空間における電子温度およびプラズマエネルギを、基板処理に適当なレベルまで低減させる。

【0044】特に、前記制御電極131の表面に先に説明したようにA12O3不動態膜は導電性窒化物を形成しておくことにより、制御電極は高エネルギプラズマに対して効果的に保護される。また、プラズマ励起領域11Bにおいて処理容器11の内壁を石英ライナ11Dにより覆うことにより、高エネルギプラズマによる処理容器11内壁のスパッタリングおよびこれに伴う基板の汚染の問題が回避される。

【 O O 4 5 】図 8 は本実施例の一変形例による基板処理 装置 1 O O A の構成を示す。

【0046】図8を参照するに、基板処理装置100Aでは制御電極31は絶縁膜31Aにより処理容器11から絶縁されており、負電圧源31Bが接続されている。 【0047】図8の構成によれば、前記制御電極31の電位を適当な負電位に制御することにより、前記プラズマ励起空間11Bにおいて励起された正電荷を有する窒素イオンN2+を補足することが可能になり、窒素イオンN2+がプロセス空間11Cに侵入するのが回避される。 【0048】本実施例の基板処理装置100あるいは100Aにおいて、前記プラズマガス供給ポート11pに HeガスとN2ガスとO2ガスとを供給することにより、 前記被処理基板12の酸窒化処理を行うことも可能である。

[第2実施例] 図9は、本発明の第2実施例による基板処理装置200の構成を示す。ただし図9中、先に説明した部分に対応する部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0049】図9を参照するに、本実施例ではシャワープレート14が撤去され、その代わりに、前記処理容器11に、被処理基板12に対して略対称的に、複数の処理ガス導入口11Pが形成されている。その結果、本実施例では前記プラズマ励起空間11Bの上部において、誘電体窓を構成するカバープレート15が露出する。また、先の実施例と同様に、前記プラズマ励起空間11Bにおいては処理容器側壁が石英ライナ11Dにより覆われている。

【0050】本実施例によれば、基板処理装置11の構成が簡略化され、安価な費用で効率良く、前記プラズマガス供給ポート11pにHeガスとN2ガスとを供給し、前記ラジアルラインスロットアンテナ20に約28GHzのマイクロ波を供給することにより、原子状窒素N*を使った被処理基板12の窒化処理を行うことが可能である。また、前記プラズマガス供給ポート11pにHeガスとN2ガスとO2ガスとを供給することにより、被処理基板12の酸窒化処理を行うことが可能である。

[第3実施例] 図10は、本発明の第3実施例による基板処理装置300の構成を示す。ただし図10中、先に説明した部分に対応する部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0051】図10を参照するに、基板処理装置300は先に図1で説明した基板処理装置1と類似した構成を有するが、石英処理容器2中に先の制御電極31と同様な制御電極6が設けられ、制御電極6により、前記処理容器2内の空間が、高密度プラズマ2Dが励起されるプラズマ励起空間2B1と被処理基板4を含むプロセス空間2B2とに分離される。

【0052】本実施例では、前記プラズマ励起空間2B1に前記処理ガス供給ライン2CよりHeガスと N_2 ガスが導入され、前記プラズマ励起空間2B1において原子状窒素N*を励起する高い電子温度およびプラズマエネルギを有する高密度プラズマ2Dが形成される。

【0053】このようにして形成された原子状窒素N*は前記制御電極6を通ってプロセス空間2Cに拡散し、被処理基板4の表面を窒化する。かかる構成においてもプラズマの電子温度およびエネルギは前記プラズマ励起空間2B1においては非常に高くても、前記プロセス空間2B2においては被処理基板4を処理するのに適当なレベルまで低下する。

【0054】本実施例においても、前記制御電極6の電位を電圧源6Aにより制御することにより、前記プラズ

マ励起空間2 B1において生じた N2+などの低エネルギの正イオンを捕獲し、プロセス空間2 B2から排除することが可能になる。また、前記制御電極6 の電位を制御することにより、前記プラズマ励起空間2 B1における高密度プラズマ2 Dの状態を制御することが可能になる。

【0055】本実施例の基板処理装置200において、前記処理ガス供給ライン2CからHeガスとN2ガスとO2ガスを導入することにより、前記プロセス空間2B2において基板4の酸窒化処理を行うことも可能である。

【0056】以上、本発明を好ましい実施例について説明したが、本発明はかかる特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した要旨内において様々な変形・変更が可能である。

[0057]

【発明の効果】本発明によれば、プラズマ励起ガスとし てHeを使うことにより、基板処理装置中に原子状窒素 N*を励起するに十分な高いエネルギを有するプラズマ を形成することが可能で、このようにして励起された原 子状窒素N*を使うことにより、被処理基板を効率的に 窒化処理することが可能になる。その際、高密度プラズ マが形成されるプラズマ励起空間を被処理基板が含まれ るプロセス空間から、制御電極により分離することによ り、プロセス空間におけるプラズマエネルギを基板処理 に適当なレベルまで低下させることが可能になり、また プラズマ励起空間で形成された正イオンをトラップする ことが可能になる。本発明をマイクロ波励起プラズマを 使った基板処理装置に適用する場合には、プラズマ励起 を約28GHzあるいはそれ以上の周波数のマイクロ波 により行うことにより、プラズマエネルギが過大になる のを回避できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の誘導結合型プラズマ処理装置の構成を示す図である。

【図2】先に提案されたマイクロ波基板処理装置の構成を示す図である。

【図3】先に提案された別のマイクロ波基板処理装置の 構成を示す図である。

【図4】図2あるいは図3のマイクロ波基板処理装置の プラズマ励起特性を説明する図である。

【図5】本発明の第1実施例によるマイクロ波基板処理 装置の構成を示す図である。

【図6】図5のマイクロ波基板処理装置の一部を示す図である。

【図7】図5のマイクロ波基板処理装置のプラズマ励起 特性を示す図である。

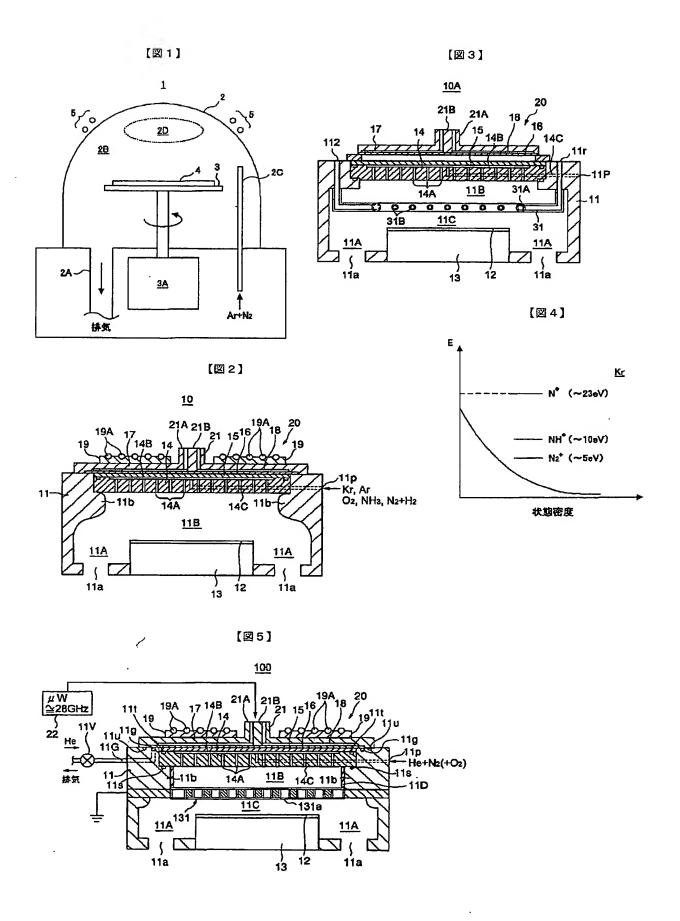
【図8】図5のマイクロ波基板処理装置の一変形例を示す図である。

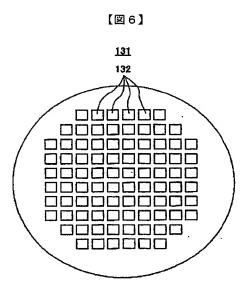
【図9】本発明の第2実施例によるマイクロ波基板処理 装置の構成を示す図である。

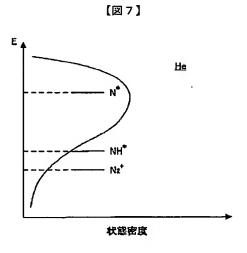
【図10】本発明の第3実施例による誘導結合型プラズマ処理装置の構成を示す図である。

【符号の説明】

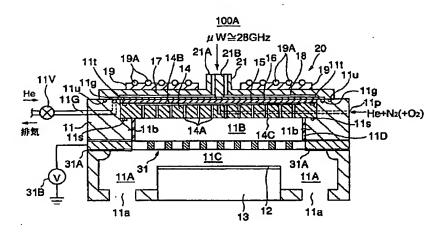
- 1、300 誘導結合型基板処理装置
- 2 石英処理容器
- 2 A 排気系
- 2B プロセス空間
- 2C 処理ガス導入ポート
- 2D 高密度プラズマ
- 3 基板保持台
- 3 A 回転機構
- 4 被処理基板
- 5 誘導コイル
- 10, 100, 100A, 200 マイクロ波プラズマ 基板処理装置
- 11 処理容器
- 11A 空間
- 11日 プラズマ励起空間
- 11a 排気ポート
- 11p ガス導入ポート
- 12 被処理基板
- 13 基板保持台
- 14,31 シャワープレート
- 14A 開口部
- 14C ガス通路
- 15 カバープレート
- 16 放射板
- 17 アンテナ本体
- 18 遅相板
- 19 冷却ブロック
- 19A 冷却水通路
- 20 ラジアルラインスロットアンテナ
- 21, 21A, 21B 同軸導波管
- 31A 処理ガス通路
- 318 ノズル開口部
- 131 制御電極
- 131a 導電性窒化物膜



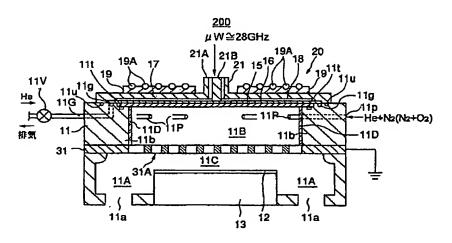


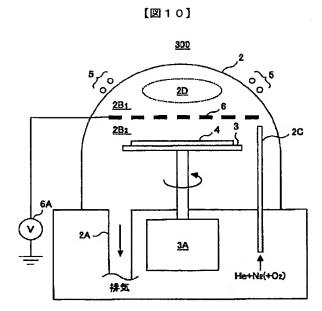


【図8】



【図9】





フロントページの続き・・

(72) 発明者 須川 成利

宮城県仙台市青葉区荒巻字青菜05 東北大 学大学院工学研究科電子工学専攻内

(72) 発明者 平山 昌樹

宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉05 東北大 学大学院工学研究科電子工学専攻内 Fターム(参考) 4K028 BA02 BA05 BA21 BA22

4K030 AA14 AA16 AA18 DA02 DA08

FA01 HA06 KA08 KA17 KA19

KA30 KA34 KA46 KA47

5F045 AA20 AB40 AC11 AC15 AC17

BB09 BB14 BB16 DP03 EH02

EH03 EH04 EH05 EH08 EH11